

耐蝕性に優れた鋳鉄の開発

著者	長船 康裕, 藤原 貴志, 佐々木 彬光
雑誌名	室蘭工業大学地域共同研究開発センター研究報告
巻	21
ページ	24-27
発行年	2010-12
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009078

耐蝕性に優れた鋳鉄の開発

長船 康裕^{*1}, 藤原 貴志^{*2}, 佐々木 彬光^{*3}

1 はじめに

近年、工業技術の向上と共に環境への影響が注目されている。産業用や レジャーなどに用いられる鍾は鉛製のものが多い。このほかにも鉛はコストが安く使い勝手もいいため様々な製品に用いられている。しかし、鉛は酸性雨などの影響で変性した湖などに溶けだすことで水質汚染や土壌汚染が起こることが問題となっている。

EU では WEEE 指令や RoHS 指令によって鉛を使用した電気製品の販売が規制されている。これに対応した、鉛を使用しない製品の開発、鉛フリー化が進んできている。

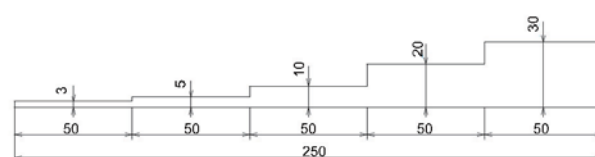
環境に関する関心が高まる中、鉛から鋳鉄製に材質を変更した鍾が実用化され注目されている。しかし、鋳鉄製鍾は実用化され広く使用されるようになったが、最近、塗装の剥離面から発生する赤錆が問題となっている。この問題を解決するために、合金化によって鋳鉄自体の耐蝕性を向上させることが求められている。

鋳鉄の耐蝕性の向上の研究として、Cr, Ni, Cu などの合金成分を添加させた報告があるが、いずれも赤錆を防ぐほどの効果は確認されていない。10 数パーセントの Si を含有する Fe-Si 合金で優れた耐蝕性を有する報告はあるが、多量の Si を添加した鋳鉄の研究はほとんどない。また、Si は自然環境中に多く存在し毒性もないため、環境を考慮した製品へ使用することに適していると考えられる。

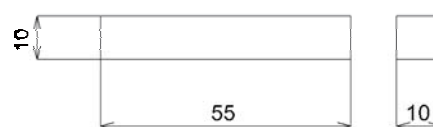
本研究では、鋳鉄の組織、機械的性質、耐蝕性に及ぼす Si 添加量の影響について明らかにすることを目的とする。

2 実験方法

供試材は一般的な片状黒鉛鋳鉄の組成を有する溶湯の Si 含有量を 4,6,8,10,12,14mass% に変化させたものを CO₂ 砂型に鋳造した。含有炭素及びマンガン の目標組成をそれぞれ 3.3% と 0.3% とした。鋳造によって得られた試験片形状を図 1 に示す。試験片形状は階段状と抗折試験用の直方体である。



階段試験片



抗折試験片

図 1 試験片形状

組織観察は階段状試験片の厚さ 5mm の部分より作製し、研磨の後 3% ナイタルでエッチングを行った。硬さ試験は、ロックウェル硬さ C スケールにより行った。抗折試験は JIS Z 2248 に基づいて行った。抗折試験片は 8mm×8mm×55mm の形状に研削加工したものを用いた。圧子半径は 5mm、クロスヘッド速度を 0.5mm/min とした。

腐食試験は JIS Z 2371 に従っての塩水噴霧試験を行った。塩水濃度を 5% とし、試験時間は 1~300 時間で行った。表面の腐蝕生成物を除去し重量を測定して、そのときの重量減少量を腐蝕量とした。

^{*1} もの創造系領域

^{*2} (株)フジワラ

^{*3} 大学院機械創造工学系専攻

3 実験結果

図2に得られた鑄鉄の光学顕微鏡組織写真を示す。Si 添加量 4%の試験片の基地組織はフェライトとパーライトの混合組織で黒鉛形状はA型であった。Si 添加量が 6%を超えると組織中のフェライトが増加した。Si にはパーライトを分解しフェライト化を促進させる効果があるためと考えられる。このフェライトはシリコフェライトと呼ばれ、少量の炭素と Si から構成されている。

また、Si 含有量が増加すると片状黒鉛の長さは短くなり黒鉛組織は微細になった。Si 添加量は黒鉛形状に大きな影響をおよぼすことが明らかとなった。

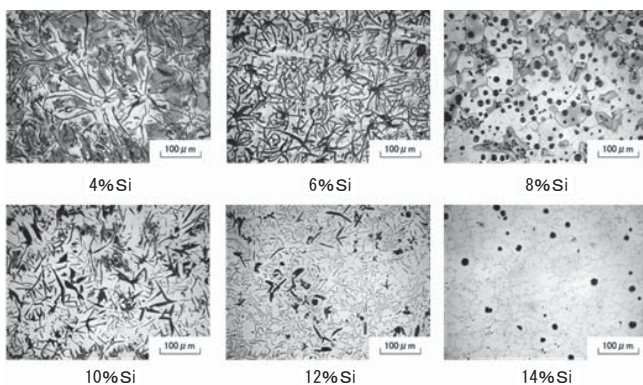


図2 光学顕微鏡組織写真

図3にロックウェル硬さ試験結果を示す。ロックウェル硬さは、Si 量が多くなるほど増大した。これは、シリコフェライトの硬さ含有 Si 量の増加に伴って増大することに起因する。また、ロックウェル硬さ試験では黒鉛と基地組織の平均的な硬さを求めている。そのため、Si 量が多くなり黒鉛が微細化すると、その影響がロックウェル硬さの上昇として現れたとも考えられる。

抗折試験における破断荷重及び破断たわみをそれぞれ図4と図5に示す。破断荷重と破断たわみは Si 含有量が増加するに伴い減少した。これは、Si 含有量の増加によってシリコフェライトの硬さが増大することが主な原因であると考えられる。このことから多量の Si 添加は靱性を低下させると考えられる。破断時の曲げ応力と Si 添加量の関係を図6に示す。鑄鉄の曲げ応力と引張強さには一定の比率があり、

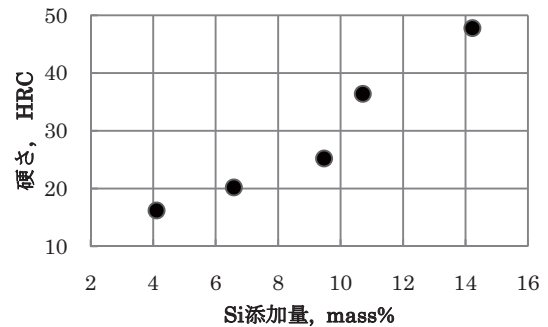


図3 硬さに及ぼす Si 添加量の影響

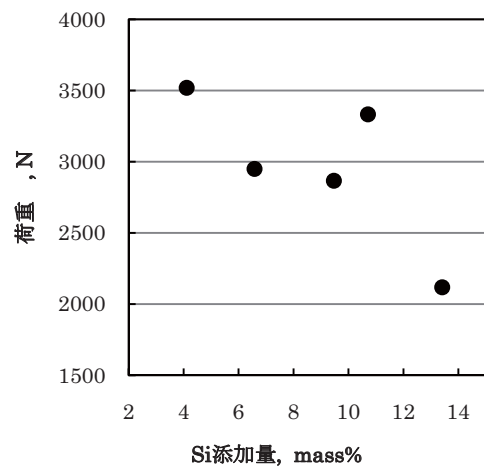


図4 抗折試験の破断荷重と Si 添加量の関係

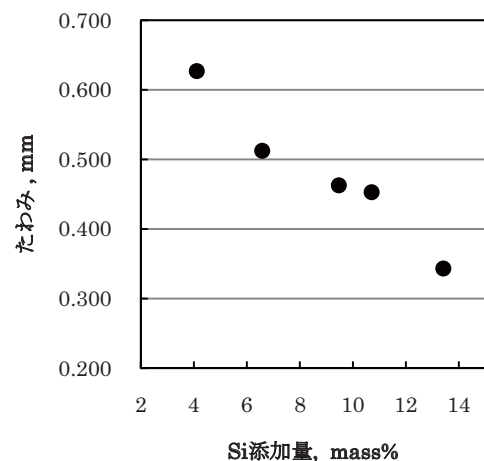


図5 抗折試験の破断たわみと Si 添加量の関係

曲げ強さは引張強さの約2倍程度であるとされている。Si 添加量 4%は FC200 相当, Si 添加量 6%~12%は FC150 の鑄鉄の強度に相当すると考えられる。

また、Si 添加量 14%の試験片が他の試験片と比べ著しく低い応力で破断したのは、高硬度化にともなうき裂に対して敏感になり、試験片の表面状態が影響したためである。

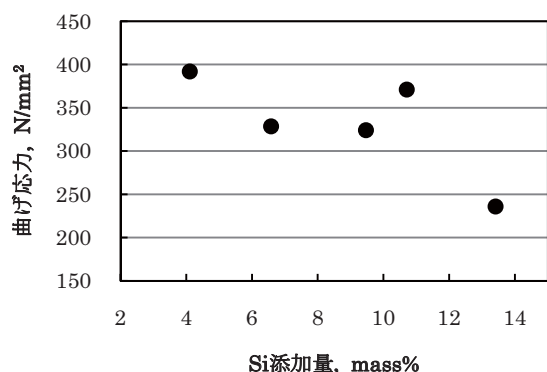


図 6 破断曲げ応力に及ぼす Si 添加量の影響

図 7 に抗折試験後の破断面の SEM 写真を示す。破断面はへき開破面となっており脆性破壊の発生が確認できる。また、Si 添加量の増大するとともにへき開面が大きくなった。このことから多量の Si の添加は靱性を低下させることが分かる。

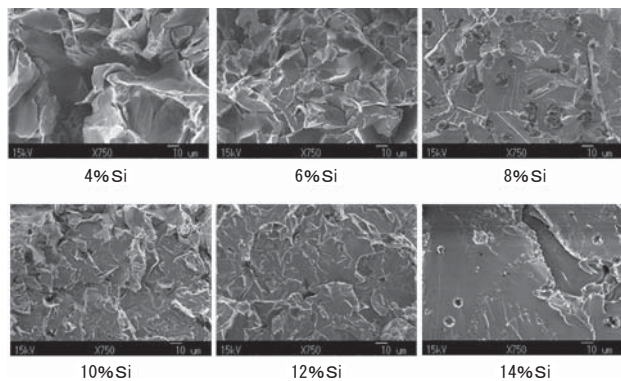


図 7 抗折試験後の破断面の SEM 写真

塩水噴霧試験における腐蝕生成物重量の計測結果を表 1 に示す。重量測定は腐蝕生成物の除去が不可能になるまで行い、不可能になったとき試験を中止した。4～10%までの添加量では 50 時間～100 時間までの早い段階で腐蝕生成物を除去することができなくなった。14%を超えると腐蝕生成物は生成されていなかった。

塩水噴霧時間と腐蝕量の関係を図 8 に示す。4～10%までは腐蝕減少量に大きな違いはなかった。Si 量が 10%を超えると耐蝕性に向上がみられた。Si 量が 14%を超えると腐蝕量が測定できるほどのはっきりとした腐蝕生成物は形成されず、大きな耐蝕性の向上が確認された。

表 1 塩水噴霧時間と腐蝕量の関係

時間 (h)	Si 添加量, mass%					
	4	6	8	10	12	14
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0.002	0.006	0.008	0.005	0
3	0.004	0.008	0.006	0.011	0.006	0
6	0.010	0.013	0.011	0.027	0.009	0
10	0.024	0.029	0.027	0.040	0.010	0.001
20	0.046	0.054	0.054	0.087	0.023	0.003
50	0.100	0.096	0.110	中止	0.071	0.002
100	中止	中止	中止	中止	0.171	0.003
200	中止	中止	中止	中止	中止	0.003

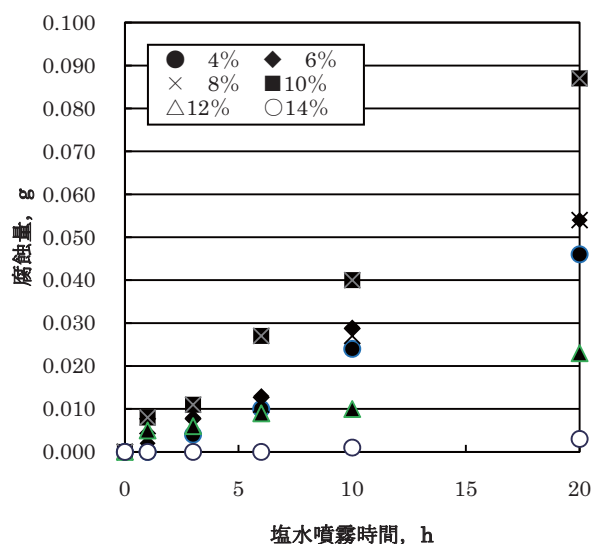


図 8 塩水噴霧時間と腐蝕量の関係

塩水噴霧後の試験片の外観写真を図 9 に示す。1 h, 20 h, 300 h の塩水噴霧後に試験片を取りだし、表面が乾く前に写真撮影したものである。10%以下の Si 添加量ではいずれも赤錆が発生していた。また、Si 量が少ない鉄ほど赤錆の発生が顕著であった。このことから、Si 量の増加は腐蝕進行速度を遅くすると考えられる。試験時間が 300 時間を超えるとほとんどの鉄が赤錆に覆われたが、Si を 14%添加した鉄では、赤錆は発生はごくわずかであった。

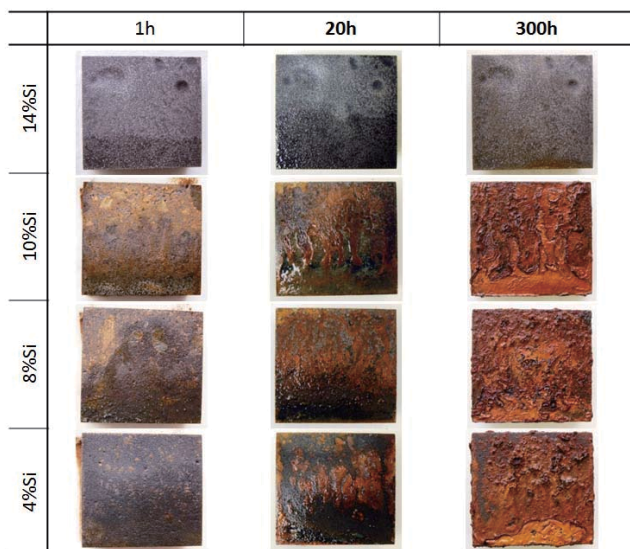


図 9 塩水噴霧時間と試験片外観写真

4 結論

Si 添加量を 4～14%に変化させた鋳鉄を製作し、組織、機械的性質、耐蝕性におよぼす Si 添加量の影響について調査した結果、以下の結論が得られた。

- (1) Si 含有量の増加に伴い基地組織のシリコフェライト量は増加する。また、黒鉛は微細化する。
- (2) Si 含有量の増加に伴い硬さは増加する。
- (3) Si 含有量の増加に伴い破断荷重は大きくなり、たわみは小さくなる。
- (4) Si 量が多いほど腐蝕の進行速度は小さくなる。
- (5) Si 添加量が 10%以上で耐蝕性への効果が現れ始める。
- (6) 14%Si 以上の添加では赤錆を伴う腐蝕は発生しない。

謝辞

北海道立工業技術センターの高橋志郎氏に塩水噴霧試験の協力を得た。謝意を表する。